

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 201771673 U

(45) 授权公告日 2011.03.23

(21) 申请号 200920286768.4

(22) 申请日 2009.12.30

(73) 专利权人 力仓风力设备(上海)有限公司

地址 201300 上海市浦东新区惠南镇园中路
588号6、7号厂房

(72) 发明人 李麟 成源 吴迪

(51) Int. Cl.

F03D 1/06 (2006.01)

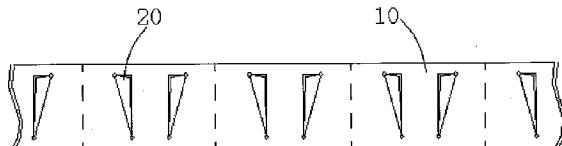
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

风电叶片表面之涡流发生器

(57) 摘要

一种风电叶片表面之涡流发生器，系于风电叶片表面型面厚度最大区域，安装复数个单元连结之涡流发生器，使达到产生叶型吸力侧紊流以提升叶片升力；该涡流发生器，以金属板材经冲切成型局部为反向相对之立体三角锥体结构，锥体根部折边与冲切开口边为20°偏角；呈单列带状的涡流发生器安装，能提高叶片的升阻比，使叶片在更低的启动风速下启动，更低的额定风速下达到额定功率；并在高风速下，输出的功率曲线也更加平稳，在同一风况条件下，增加发电量3%~5%；另有抑制叶片非设计状态下的振动，延长叶片的使用寿命功效之风电叶片表面之涡流发生器。



1. 一种风电叶片表面之涡流发生器,其特征乃在于:涡流发生器以金属板材经冲切成型为三角片状外翻呈立体三角锥体,该立体三角锥体间以反向相对排列;复数个涡流发生器单元连结,并装置于风电叶片表面型面厚度最大区域。
2. 根据权利要求 1 所述的风电叶片表面之涡流发生器,其中,涡流发生器的安装位置被定义为距叶片根部 3m 至 25m 区域。
3. 根据权利要求 1 所述的风电叶片表面之涡流发生器,其中,涡流发生器可呈复数个单元组合为一体带状的方式制作。
4. 根据权利要求 1 所述的风电叶片表面之涡流发生器,其中,涡流发生器的立体三角锥体之根部折边与冲切开口边为 20° 偏角。
5. 根据权利要求 1 所述的风电叶片表面之涡流发生器,其中,涡流发生器的材质以铝合金或不锈钢或塑料材料制作之。
6. 根据权利要求 1 所述的风电叶片表面之涡流发生器,其中,涡流发生器的装置采用胶接工艺固定。

风电叶片表面之涡流发生器

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种风电叶片表面之涡流发生器，特别是关于一种装设于兆瓦级风电叶片上表面，产生叶型吸力侧紊流以提升叶片升力之涡流发生器。

背景技术

[0002] 再生能源的开发利用变成一门显学，在降低二氧化碳排放的选项上，全球均以提高再生能源设置发电配比为重要考虑及成果，其中尤其以风力发电在发电量及经济效益上更具优势；大型 MW 级风电叶片，作为利用自然界风能转换成机械能发电的工具，结合发电机组所产生的可再生洁净能源，辅助传统火力或核能发电型态，减少石化能源消耗及对环境的危害，达到节能减碳的目的；风电叶片，是绿能产业风力发电系统中最关键的技术产品；叶片结合气动与结构工学，以玻璃纤维布、环氧树脂等高分子复合材料为基材，表面加工处理及涂装工艺，结合机械、材料与化工产业，为一蕴含复杂工艺及学问的工程产业。

[0003] 叶片的主要功用就是产生升力，驱动叶轮旋转，叶片横断面（横向剖面）的形状称为叶型，叶片剖面的集合特性与叶片的空气动力有密切的关系。从侧面看，叶片 SS 面（吸力侧）弯曲，而 PS 相对较平，叶片将在空气中穿过的气流分隔开来，一部分空气从叶片 SS 面流过，另一部分从 PS 面流过。由于叶片一般是不对称的，SS 面比较凸，而 PS 面比较平，流过叶片上表面（SS 面）的气流流速较快，而流过叶片下表面（PS 面）的气流流速较慢。根据流体力学的基本原理，气流流速慢则大气压强较大，而气流流速快的大气压强较小，这样叶片 PS 面的压强就比 SS 面的压强高，换一句话说，就是大气施加与叶片 PS 面的压力比施加于叶片 SS 面的压力大，二者的压力差便形成了叶片的升力；简单来说，气流速度越快，叶片产生的气动升力也就越大，当升力大于阻力时，叶轮就可以旋转；当升力小于阻力时，叶轮就会停止。

[0004] 叶片能够产生升力是因为叶片上、下叶型作用面上存在着压力差，但是这是有前提条件的，就是要保证上叶面的气流不分离。但是当叶片以一定的倾斜角（称为攻角）在空气中运动时，就会出现上下表面的压力不一致，从而也会产生升力。

[0005] 当叶片与气流方向有夹角（攻角）时，随攻角增加升力会增大，阻力也会增大，如果叶片的攻角大到了一定程度，叶片相当于在气流中竖起的平板，由于角度太大，速度太快，绕过 SS 面的气流流线无法连贯，会发生分离，同时受外层气流的带动，向后缘流动，最后就会卷成一个封闭的涡流，叫做分离涡，像这样旋转的分离涡中压力是不变的，它的压力等于 SS 面的气流的压力；所以此时上下叶面的压力差值会小很多，这样叶片的升力就比原来减小了，整个发电系统效率大为降低。

[0006] 一般说来攻角为 8 至 15 度较好，超过 15 度后叶片 SS 面气流会发生分离，产生涡流，升力会迅速下降，阻力会急剧上升，这一现象称为失速；叶片失速对整个叶片造成的影响有：

[0007] 1. 叶片两侧压差损失，增加了叶片运行阻力，降低了运行升力，提高了叶片启动风速、额定风速，降低了叶片总体运行效率。

[0008] 2. 不稳定的涡流会造成叶片在运行中的抖颤,缩短了叶片、传动轴等机构的使用寿命。

[0009] 如上所述,现有叶片之应用及运行中均存在著若干疏失,而亟待改善者;鉴于考量到上述的运行效率与运行中抖颤造成叶片、传动轴等机构使用寿命缩短等诸项缺失,创作人凭藉著多年风电叶片领域的从业经验,潜心研究,终于得出本实用新型创作风电叶片表面之涡流发生器。

发明内容

[0010] 本实用新型创作风电叶片表面之涡流发生器的主要目的,在于解决气流分离导致叶片提前失速,而降低了叶片气动性能及功率转换效率的问题;次一目的在于用在叶片 SS 面加装涡流发生器以增大叶片临界攻角来获得阻力降低、升力增加;又一目的在于用来有效地阻止不稳定的涡流所造成叶片在运行中的抖颤,延长叶片、传动轴等机构的使用寿命。

[0011] 运用本实用新型创作风电叶片表面之涡流发生器,其特征在于:涡流发生器以金属板材经冲切型为三角片状外翻呈立体三角锥体,该立体三角锥体间以反向相对排列;复数个涡流发生器单元连结,并装置于风电叶片表面型面厚度最大区域。

[0012] 为了解决气流分离造成的叶片气动性能降低的问题,在叶片 SS 面加装涡流发生器。涡流发生器是安装在前缘的一段或者几段狭长小翼,主要是靠增大叶片临界攻角来获得升力增加的一种增力装置,其主要作用就是用来有效地阻止气流的过早分离。涡流发生器的作用原理是以一安装角垂直地安装在叶片壳体表面上的小展弦比小翼,所以它在气流中和常规翼型一样能产生翼尖涡,但是 由于其展弦比小,因此翼尖涡的强度相对较强。这种高能量的翼尖涡与其下游的低能量气流分离层流动混合后,就把能量传递给了气流分离层,使处于滞留状态中的气流分离层流场获得附加能量后,能够继续贴附在叶片表面而不致分离,这就是涡流发生器的基本工作原理。空气动力学界针对涡流发生器的形状、几何参数及安装位置等参数与升力、升阻比等气动性能的关系作了大量的实验。根据这些参数值和气动性能来选择涡流发生器的主要参数和几何尺寸并使它们最优化:1. 涡流发生器安装的位置:根据大量的试验得知,涡流发生器在不同弦向位置均有减阻效果。最佳减阻位置为型面厚度最大区域;从流动机理而言,由于粘性对旋涡强度的耗散,涡流发生器安装位置越靠前,远离分离区,旋涡抵达滞留区时,其强度已耗散减弱,对分离区的控制也随之减弱。因此,涡流发生器应尽可能的靠近分离区,才能增强气流分离层内流体掺混,提高滞留层底层流体速度、延缓气流分离。由于目前所有数据都是通过试验和测试得到的经验数据,并无准确可靠的计算公式。考虑到 Areodyn 采用的 NACA 系列叶型对前缘的光滑度要求高,微型涡流发生器位置不能距气流分离层分离线太远,其最佳位置在叶片 SS 面型面最厚区域,所以“我们将涡流发生器的安装位置定在距叶片根部 $3m \sim 25m$ 一段”。2. 涡流发生器的安装角度、间隔:根据大量的气动试验证明,当攻角 $\alpha \geq 7^\circ$ 时,展向间隔 $\lambda = 12mm$, 安装偏角 $\beta = 20^\circ$, 减阻效果较好。微型涡流发生器安装角对气流分离层分离控制效果主要表现在产生旋涡的强度。安装偏角太小,产生的旋涡强度不强,对气流分离层内流动的掺混效果不大,附面底层动量增量小,减阻效果就差;安装偏角太大,垂直来流方向的有效面积大,产生的型阻大。综合考虑各方面的影响,定出最佳安装偏角 $\beta = 20^\circ$ 。同向、反向倾斜紊流与边界层相互作用后分别产生同向、反向旋转流向涡列,同向旋转流向涡列能够在局部产生

较强控制作用,而反向旋转流向涡列则可以对边界层形成相对均匀的控制,并具有较大的流向控制区域。“即涡流发生器的安装角度为反向排列,安装偏角为 20°”亦即涡流发生器的立体三角锥体之根部折边与冲切开口边为 20° 偏角。3. 涡流发生器的材质:涡流发生器的材质可以多种材料制作之,例如铝合金、不锈钢、塑料等多种材质均有应用。但是考虑到叶片工作环境恶劣,金属材质的耐磨性、耐老化性能较塑料更好更好,而铝合金的成型工艺较不锈钢更加简单,成本更低。所以“选用铝合金制作涡流发生器”。4. 涡流发生器的固定方式:涡流发生器与叶片表面需要牢固结合,在恶劣的自然环境条件下需要稳定工作 20 年。所以需要一个稳定、可靠的安装方式。本创作考虑采用胶接和铆接工艺固定。采用铆接工艺更为牢固、可靠,但是会嵌入玻璃钢基材,产生应力集中。经后期测量定位后发现,厚度最大区域与主梁区域重合,不便于采用铆接工艺。胶接工艺不影响叶片的力学结构和气动外形。“所以采用结构胶胶结的方式”,但是需要将金属胶结面打磨粗糙,以克服结构胶与金属的粘结性较弱的缺点。

[0013] 采用本实用新型创作风电叶片表面之涡流发生器的叶片,能改善叶片的气动性能。具体的效果有如下几点:

[0014] 1、提高叶片的气动性能;安装涡流发生器的叶片能提高叶片的升力阻力比,使得叶片在更低的启动风速下启动,更低的额定风速下达到额定功率。在高风速下,输出的功率曲线也更加平稳。在同一风况条件下,增加发电量 3%~5%。

[0015] 2、延长叶片的使用寿命。涡流的产生伴生着空气不规则的运动,使得叶片运行时会有大量非设计状态下的振动。这种非设计状态的振动,会对叶片有更高的耐疲劳要求。

[0016] 兹举出本实用新型创作风电叶片表面之涡流发生器的附图说明及具体实施方式,以协助专利审查委员对本创作的技术特征及内容做了解,敬请参见如下的陈述:

附图说明

- [0017] 图 1 为本实用新型创作之涡流发生器立体示意图;
- [0018] 图 2 为本实用新型创作之涡流发生器呈带状之连结示意图;
- [0019] 图 3 为本实用新型创作之涡流发生器之安装位置示意图;
- [0020] 图 3a 为本实用新型创作涡流发生器于安装位置的局部放大示意图;
- [0021] 图 4 为本实用新型创作之涡流发生器安装后之局部剖面结构示意图;以及
- [0022] 图 5 为本实用新型创作之涡流发生器之整体装置实施示意图。

具体实施方式

[0023] 标号说明:涡流发生器 10、立体三角锥体 20、风电叶片 30、风电叶片前缘 40、风电叶片后缘 50;

[0024] 请参阅图 1 所示,本创作所述及的“风电叶片表面之涡流发生器”,该涡流发生器 10 系一金属板材,以冲切方式成型为反向之立体三角锥体 20,并在立体三角锥体 20 之斜边;由复数个涡流发生器 10 单元连结,呈一带状形式的涡流发生器 10,请参阅图 2 所示;当然,亦可以使用长条带状的金属板材,一次性冲切复数个立体三角锥体 20 的制作工法;由图 3 与图 3a 可以看出,本创作所述及的涡流发生器 10,系安装在风电叶片 30 型面厚度最大区域;在风电叶片 30 表面上之涡流发生器 10,因其立体三角锥体 20 之结构特征,使可在气

流流经涡流发生器 10 时,产生涡流进而达到扰流的目的及效果,图 4 则为涡流发生器 10 安装于风电叶片 30 表面后之局部剖面结构示意图,由图示中清晰可见涡流发生器 10 的结构方向,该涡流发生器 10 之立体三角锥体 20 尖点,系朝向风电叶片后缘 50 安装;图 5 则为涡流发生器 10 之于风电叶片 30 表面整体装置之实施示意图;

[0025] 确定涡流发生器 10 的理论安装位置,通过在风电叶片 30 设计图纸上抓取 SS 型面最厚点的方式确定涡流发生器 10 的理论安装位置,考虑到安装的便捷性,每隔 1m 抓取安装点,测量理论安装点到风电叶片后缘 50 边的距离。(见参考附表 1)

[0026] 1. 将所有 3m 至 25m 区域内所有理论安装点用直线连接起来,标记理论涡流发生器 10 安装位置线。

[0027] 2. 因 SS 面型面有一定的弧度,为了铝合金板更好的贴合弧面,涡流发生器 10 板料条不能太长;设定涡流发生器 10 样条的长度为 0.5m。

[0028] 3. 目前在 3 套风电叶片 30 上按照划线位置分别向前缘偏移 5cm、0cm、-5cm 安装涡流发生器 10,以进一步了解涡流发生器 10 设置之最佳位置点。

[0029] 4. 将铝合金涡流发生器 10 胶结面、风电叶片 30 安装区域的油漆用 80# 的砂纸打磨粗糙,便于后续胶结。

[0030] 5. 用快速结构胶胶结涡流发生器 10,清理挤出的结构胶。待其固化后用硅胶填充涡流发生器 10 与风电叶片 30 表面的空隙,用肥皂水抹平,以保证外观平滑。

[0031] 涡流发生器理论安装点位置(附表 1)

[0032]

截面位置 /m	距后缘距离 /cm
5	169.0
10	203.9
15	157.9
20	122.8
25	98.8

[0033] 因此,我们将 3 套已装设本创作涡流发生器 10 之风机安装在相似风况的机位,来观测 3 个月的总发电量差别;并根据发电量的差别,继续改进涡流发生器 10 的尺寸,外形,安装参数等相关参数,以便确定最佳安装参数。

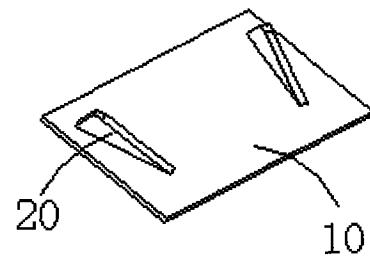


图 1

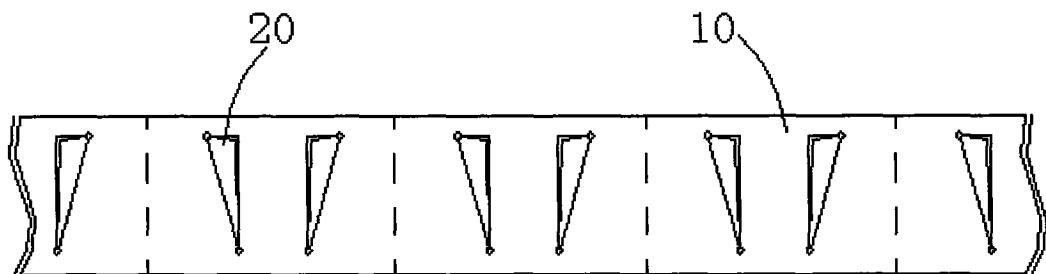


图 2

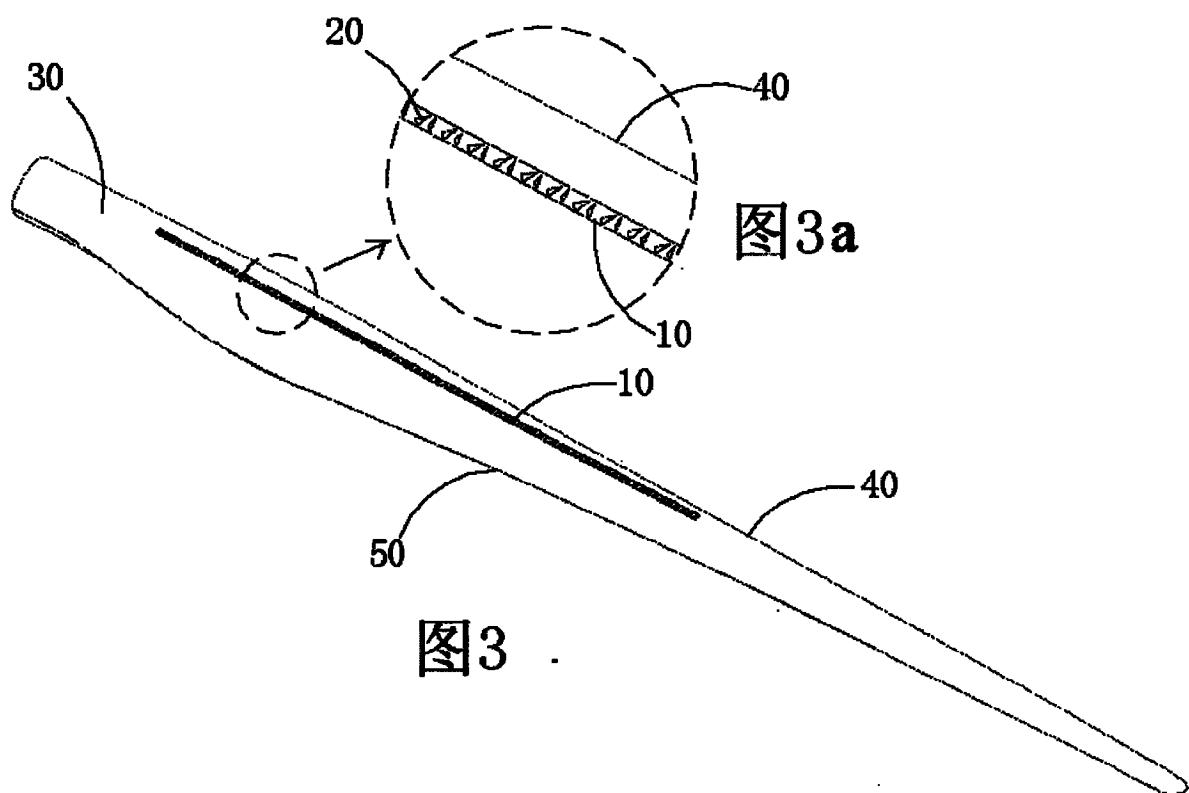


图3a

图3

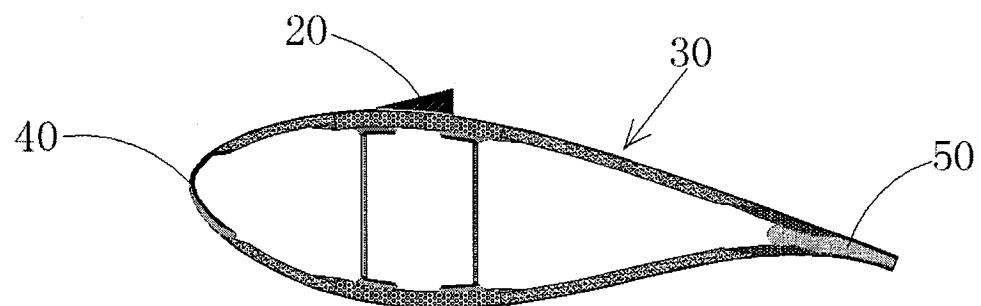


图 4

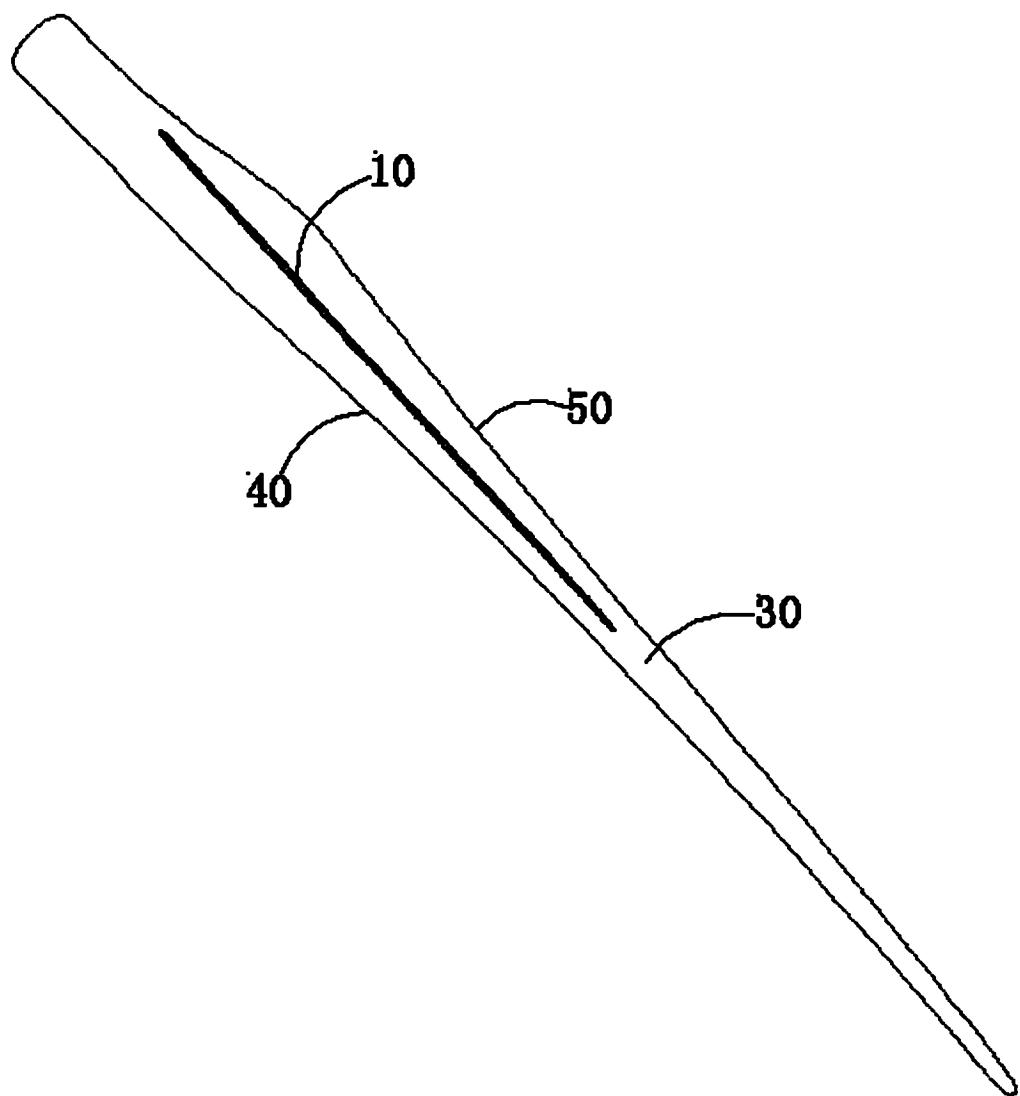


图 5